



TRABAJOS 3D REALIZADOS EN LA PUERTA 1 DEL COMPLEJO ARQUEOLÓGICO DE PERDIGÕES (PORTUGAL): ESTADO DE LA CUESTIÓN

3D WORKS IN THE ARCHAEOLOGICAL COMPLEX OF PERDIGÕES - GATE 1 (PORTUGAL): STATE OF THE ART

José L. Caro

Dpto. Lenguajes y Ciencias la Computación, Universidad de Málaga, ETSI Informática, 29071 Málaga, España. jcaro@uma.es

Abstract:

The University of Malaga has been excavating since 2008 at the Archaeological Complex of Perdigões. The incorporation of 3D technologies to archeology is now a fact and in this project has been used. This article aims to present the works taken place in the archaeological complex of Perdigoes related to the use of 3D technologies.

Key words virtual archaeology, digital archaeology, archaeological record, cultural heritage, documentation, 3D reconstruction, enclosures, Neolithic, calcolithic

Resumen:

La Universidad de Málaga lleva excavando en un proyecto internacional desde 2008 en el Complejo Arqueológico de Perdigões. La incorporación de las tecnologías 3D a la arqueología es hoy en día un hecho y en este proyecto no ha sido menos. El presente artículo tiene como objetivo presentar los trabajos realizados en el Complejo Arqueológico de Perdigões en lo que se refiere al uso de tecnologías 3D.

Palabras clave: arqueología virtual, arqueología digital, documentación arqueológica, patrimonio cultural, reconstrucción 3D, recintos de fosos, Neolítico, calcolítico

1. Introducción

Durante los últimos años el número de recintos de fosos detectados en el suroeste de la península ibérica se ha incrementado (Valera y Pereiro 2013; Delibes *et al.* 2014). Debido a las características arquitectónicas que los definen, fosos y fosas excavadas sobre el sustrato geológico, y sobre todo las grandes dimensiones que pueden llegar a tener, son yacimientos arqueológicos de difícil difusión a diferencia de los *henges* (UK) cuyo foso está abierto y se ha mantenido su *bank*.

El equipo de investigación PERUMA (www.perma.es) lleva lustros estudiando el fenómeno de los recintos de foso y desde 2008 lleva realizando campañas arqueológicas en el Complejo Arqueológico de Perdigões (Reguengos de Monsaraz – Portugal). En este yacimiento estamos desarrollando y poniendo a prueba una metodología para el estudio del fenómeno y, en términos más concretos, sobre el llamado sector L que ocupa la puerta 1. Una parte metodológica importante del estudio ha sido desarrollada usando tecnologías de la información y las comunicaciones y entre éstas, en el presente artículo, nos centraremos las que usan tecnologías 3D.

2. Complejo Arqueológico de Perdigões

El Complejo Arqueológico de Perdigões (Fig 1) se localiza en el Concelho de Reguengos de Monsaraz, a unos 2 km al NW del núcleo urbano, en el Alentejo portugués (distrito de Évora). Complejo Arqueológico dos Perdigões (Reguengos de Monsaraz, Portugal) está compuesto por un total de 12 fosos cuya cronología abarca desde el neolítico (los más interiores) al calcolítico los exteriores. Posee, además, un área en la que existen sepulcros funerarios, un crómlech y un menhir, ocupando en total una superficie de cerca de 16 ha de extensión.

El equipo de investigación PERUMA, surgido dentro del seno del Área de Prehistoria de la Universidad de Málaga, ha venido realizando actividades arqueológicas en el sitio, tras ser invitado en 2006 a participar en el Programa Global de Investigação Arqueológica dos Perdigões (INARP), coordinado por el Núcleo de Investigação Arqueológica (NIA) de ERA-Arqueologia.

El sector L, asignado al equipo se sitúa en una de las puertas del yacimiento, la denominada puerta 1. En el período 2008-2009 se realizaron prospecciones geofísicas que proporcionaron una ajustada definición de la planta del yacimiento (Márquez *et al.* 2008,

Márquez *et al.* 2011). Durante los años 2009 y el 2010 se excava Foso 1, para lo que se aprovechó un sondeo ya iniciado por ERA en 1997 (Lago *et al.* 1998). Las campañas 2011 y 2012 consistieron en excavaciones en extensión, que acabaron configurando un gran corte (L1) con forma rectangular, dimensiones de 34 m x 30 m (Suárez *et al.* 2012).



Figura 1: Localización del yacimiento y vista aérea (Lago *et al.* 1998).

3. Trabajos digitales 3D realizados en Perdigoes: Una metodología para el estudio y puesta en valor

Durante las campañas sobre la puerta 1 se ha ido desarrollando y perfeccionando una metodología que emplea medios digitales, tanto para el registro, estudio como para su futura difusión. En este apartado deseamos exponer metodológicamente el flujo de trabajo y herramientas desarrolladas durante los últimos 9 años cuyo objetivo es el registro, estudio, difusión y puesta en valor (Pavlidis *et al.* 2007). Todo ello siguiendo la filosofía de la carta de Londres (Denard 2012).

El flujo de trabajo y productos resultantes que describiremos en los siguientes apartados son: prospecciones geofísicas, microtopografía, fotogrametría y reconstrucciones.

El primer elemento metodológico usado como futura base para la elaboración modelos 3D sobre yacimientos de este tipo es la prospección geofísica (Márquez *et al.* 2011). Se partía de una fotografía aérea (Lago *et al.* 1988) (no ortofotográfica) del yacimiento que delimitaba algunos fosos pero no era suficiente para encajarla sobre el terreno por falta de precisión. Las prospecciones geomagnéticas dieron como resultado un magnetograma detallado en el que se puso de relieve la cantidad de fosos, hoyos y otras estructuras como puertas o imbrices mostrando la complejidad del yacimiento (Fig. 2).

La microtopografía del terreno (Fig. 2) permitió darle volumen, mediante un modelo digital del terreno (DTM – Digital Terrain Model), a todas las estructuras del yacimiento e hizo posible el encaje de la microtopografía en una topografía actualizada y una nueva fotografía aérea proporcionando la base cartográfica necesaria para situar con rigor científico el resto de los elementos (Denard, 2012).

La técnica fotogramétrica ha sido usada para la documentación desde un punto de vista científico del patrimonio arqueológico, histórico y artístico y se ha convertido en un referente (Caro *et al.* 2016) siendo una competencia a técnicas más caras (Habbib *et al.* 2004) y pudiéndose usar para sistemas de realidad aumentada (Portales *et al.* 2009). Metodológicamente hablando se

ha usado como marco teórico la fotogrametría y los algoritmos SFM (*Structure from Motion*). Para el desarrollo de las experiencias nos hemos decantado por la herramienta Photoscan de Agisoft (AGISOFT 2014).

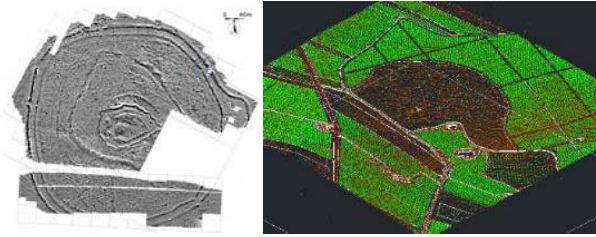


Figura 2: Geomagnética de Perdigoes y sector L (izq) (Marquez *et al.* 2011) y microtopografía (der.).

Las primeras experiencias que realizamos estuvieron relacionadas con la aplicación de la fotogrametría con el objetivo de generar restituciones que apoyaran el dibujo y registro así como la planimetría general. Se obtuvieron como resultado unas plantas sintéticas de grandes extensiones entre las que destacamos la planta de 2012 que aportó la visión completa del corte (Fig. 3).



Figura 3: Aspecto general del entorno de la Puerta 1 del Foso 1 (fotogrametría) (Caro *et al.* 2016).

Un segundo ámbito de aplicación lo realizamos en “micro” elementos usando un ídolo cerámico y una pesa de telar decorada (Fig. 4) siendo mayor la necesidad de tomas fotográficas para una fotogrametría de detalle.

Por último, con toda la información obtenida mediante las técnicas anteriores estábamos en disposición de ofrecer adelantos en lo que se refiere a la reconstrucción para una mejor comprensión del yacimiento. Para abordar esta tarea se han emprendido dos caminos bien diferenciados. Por un lado, la reconstrucción basada en las plantas y estructuras usando software de render tradicional y, en segundo lugar, usando *game-engines*.

Así, siguiendo métodos de render y basándonos en los estudios realizados sobre la misma se realizó una reconstrucción tentativa de la puerta 1 levantando una de las estelas. En la Figura 5 podemos observar

algunas de las fases de trabajo para obtener el resultado final. A partir de estos mismos modelos se ha abordado el uso para recreación y navegación en entorno inmersivo y *game-engines*. El uso de las *game engine* en el modelado y difusión del patrimonio está en vigor debido a las características de estos sistemas (Bruno *et.al.* 2010; Svana 2010; Merlo *et.al.* 2012; Caro y Hansen 2015). Incluso pueden ser empleados como sistemas de tipo *story tellers* representando la vida cotidiana o algún tipo de escenificación histórica, gracias a las posibilidades de incorporación elementos animales y humanos animados.

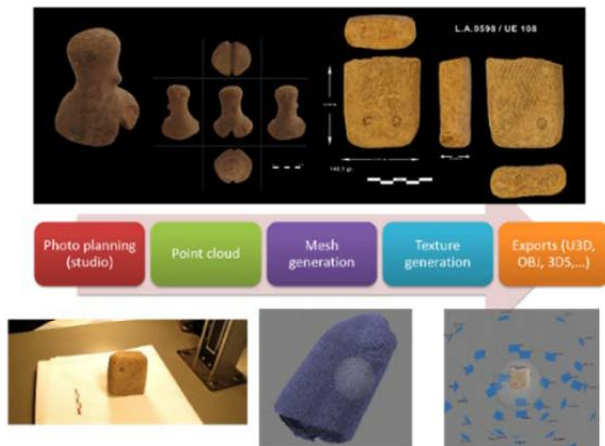


Figura 4: Selección de piezas para el modelado de artefactos (ídolo –izquierda-, pesa de telar –derecha-).

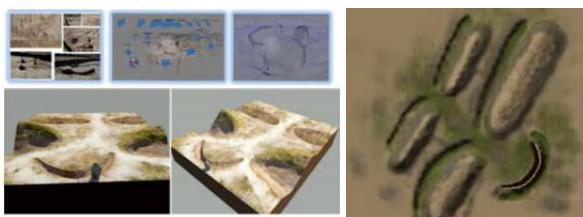


Figura 5: Algunas fases de reconstrucción de la puerta 1 de Perdigões (izq.) y su render en Unity3D (der.).

Usando proporciona Unity3D planteamos el modelado de la puerta 1 para una paseo virtual en un mundo inmersivo (Fig. 5).

4. Conclusiones y Trabajo Futuro

En el presente artículo hemos desarrollado la metodología digital que está poniendo en práctica el equipo PERUMA en el seno de Complejo Arqueológico de Perdigões. Pretendemos con el mismo mostrar las diferentes herramientas empleadas que abarcan desde el proceso de detección del yacimiento hasta la puesta en valor del mismo. Conviene reincidir en que los yacimientos de tipo recintos de fosos son de difícil puesta en valor y protección debido a su singularidad. Todas son estructuras en negativo que están totalmente rellenas de forma antrópica.

La metodología empleada: prospecciones geofísicas, modelos digitales del terreno (foto aérea y microtopografía) y registro fotogramétrico proporcionan un marco necesario para una correcta recreación de los mismos mediante una base científica y en ellos seguiremos incidiendo en nuevos yacimientos que puedan ser estudiados así como en el propio caso de estudio en sucesivas campañas arqueológicas.

En el futuro incorporaremos y testaremos otras herramientas al flujo de trabajo. Las más reseñables son, por un lado, las herramientas dedicadas a la teledetección como LiDAR empleada para estudios del paisaje. Un segundo campo que abordaremos es la recreación física usando impresoras 3D de los modelos obtenidos tanto de piezas singulares como de espacios y la conexión de las *game-engines* con sistemas de realidad virtual y realidad aumentada que proporcionen información enriquecida al visitante de forma física.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el Ministerio de Economía y Competitividad (España) con la subvención al PROYECTO I+D+I HAR2014-53692-P: Arqueología y Patrimonio en los recintos de fosos, teledetección, caracterización y protección en yacimientos del suroeste de la Península Ibérica

Referencias

- AGISOFT, 2014. Photoscan [online] <http://www.agisoft.ru/products/photoscan> [consult: 10-09-2014]
- BRUNO, F., BRUNO, S., DE SENSI, G., LUCHI, M.L., MANCUSO, S., y MUZZUPAPPA, M., 2010. From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*, 11(1), 42–49. DOI:10.1016/j.culher.2009.02.006
- CARO, J.L., MÁRQUEZ, J.E., y JIMÉNEZ-JÁIMEZ, V., 2016. Using digital photogrammetry to produce 3D models at prehistoric ditched enclosures: Perdigões as a case study. In: H. Kamermans, W. de Neef, and C. Piccoli, eds., *The Three Dimensions of Archaeology. XVII World UISPP Congress* (pp. 61–72). Burgos: Archaeopress Archaeology.
- CARO, J.L. y HANSEN, S., 2015. From Photogrammetry to the dissemination of archaeological heritage using game engines: Menga case study. *Virtual Archaeology Review*, [S.l.], v. 6, n. 12, p. 58-68, oct. 2015. ISSN 1989-9947. Available at: <<http://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/4159>>. DOI:<http://dx.doi.org/10.4995/var.2015.4159>.
- DELIBES, G., GARCÍA, M., DEL OLMO, J. y SANTIAGO, J., 2014. *Recintos de fosos calcolíticos del valle medio del Duero: Arqueología Aérea y Espacial*. Universidad de Valladolid
- DENARD, H., 2012. The London charter for the computer-based Visualisation of cultural Heritage (Version 2.1 february 2009). In: A. Bentkowska-Kafel, H. Denard, and D. Baker, (Eds.), *Paradata and Transparency in Virtual Heritage* (pp. 73–80). Ashgate.

- HABIB, A.F., GHANMA, M.S., AL-RUZOUQ, R.I., y KIM, E.M., 2004. 3D Modelling of Historical Sites using LowCost Digital Cameras. In: XXXVth Congress of ISPRS. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- LAGO, M., DUARTE, C., VALERA, A., ALBERGARIA, J., ALMEIDA, F., CARVALHO, A.Y. y REIS, S., 1998. Povoado Pré-Histórico dos Perdigoões (Reguengos de Mosaraz). Relatório final dos trabalhos de salvamento arqueológico. *Relatórios Era, 1, ERA-Arqueologia*, Lisboa (Portugal).
- MÁRQUEZ, J.E., JIMÉNEZ, V. y MATA, E., 2008. Excavaciones en el yacimiento de Perdigoões (Reguengos de Mosaraz, 2080-2010). Universidad de Málaga (España). *Apontamentos de Arqueologia e Património 2*: 41-48.
- MÁRQUEZ, J.E., VALERA, A.C., BECKER, H., JIMÉNEZ, V. y SUÁREZ, J., 2011. El Complejo Arqueológico dos Perdigoões (Reguengos de Mosaraz, Portugal). Prospecciones Geofísicas – Campaña 2008-09. *Trabajos de Prehistoria 68*, nº 1: 175-186. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/tp.2011.11065>.
- MERLO, A., DALCÒ, L. y FANTINI, F., 2012. Game engine for Cultural Heritage: New opportunities in the relation between simplified models and database. *Virtual Systems and Multimedia* pp. 623-628. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/vsmm.2012.6365993>.
- PAVLIDIS, G., KOUTSOUDIS, A., ARNAOUTOGLU, F., TSIUKAS, V. y CHAMZAS, C., 2007. Methods for 3D digitization of Cultural Heritage. In: *Journal of Cultural Heritage*, **8**(1), 93-98. DOI:10.1016/j.culher.2006.10.007
- PORTALÉS, C., LERMA, J.L., y PÉREZ, C., 2009. Photogrammetry and augmented reality for cultural heritage applications. *The Photogrammetric Record*, **24**(128), pp. 316-331. DOI:10.1111/j.1477-9730.2009.00549.x
- SUÁREZ, J., CARO, J.L., MATA, E., MÁRQUEZ, J.E. y JIMÉNEZ, V., 2012. Excavaciones en extensión de la Universidad de Málaga (UMA) en el yacimiento de Perdigoões (Reguengos de Mosaraz, Portugal). El sondeo L1. Campañas 2011-2012. In: *VI Encuentro de Arqueología del Suroeste Peninsular*, pp. 521-549.
- SVANA, D., 2010. *Environment re-creation methods for virtual heritage using a game engine with discernment of visual learning cues*. Norwegian University of Science and Technology. [online] <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:418961/FULLTEXT01.pdf> [Consult: 10-08-2014]
- VALERA, A.C., y DO PEREIRO, T., 2013. Novos recintos de fossos no sul de Portugal: o Google Earth como ferramenta de prospecção sistemática. In: *Arqueologia em Portugal. 150 anos*. Retrieved March 13, 2014, from https://www.academia.edu/5221647/Novos_recintos_de_fossos_no_sul_de_Portugal_o_Google_Earth_como_ferramenta_de_prospeccao_sistemtica